

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06194536
 PUBLICATION DATE : 15-07-94

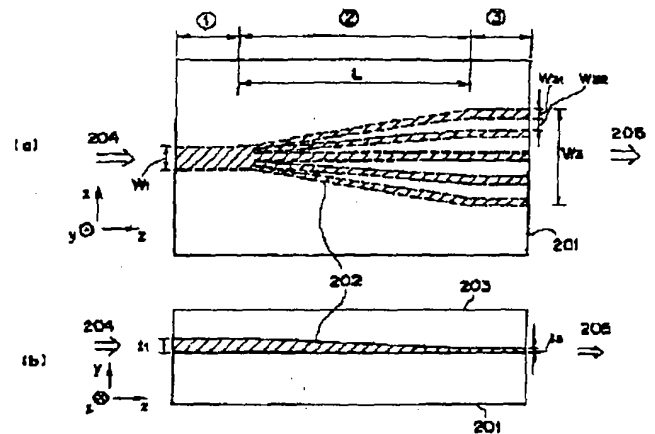
APPLICATION DATE : 24-12-92
 APPLICATION NUMBER : 04344877

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
 <NTT>;

INVENTOR : IKEDA MASAHIRO;

INT.CL. : G02B 6/14 G02B 6/12 G02B 6/24
 G02B 6/30

TITLE : OPTICAL COUPLING DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide an optical coupling device whose productivity is excellent and capable of accomplishing optical coupling between two different optical functional elements, especially between the optical functional elements which are obtained by integrating plural devices at a small loss.

CONSTITUTION: As to the optical coupling device constituted of at least a semiconductor substrate 201 and optical waveguide layers 202 and 203 which are formed on the semiconductor substrate 201 and whose size and refractive index are gradually varied in a light transmission direction, the optical waveguide layers 202 and 203 are branched near a light incident end, or a light emitting end and arranged. Thus, the optical coupling is accomplished at a small loss.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-194536

(43) 公開日 平成6年(1994)7月15日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/14		8106-2K		
6/12	D	8106-2K		
6/24				
6/30		9317-2K		
		7139-2K		
			G 0 2 B 6/24	
			審査請求 未請求 請求項の数3(全6頁)	

(21) 出願番号 特願平4-344877

(22) 出願日 平成4年(1992)12月24日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 三富 修

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 宮沢 弘

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 笠谷 和生

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

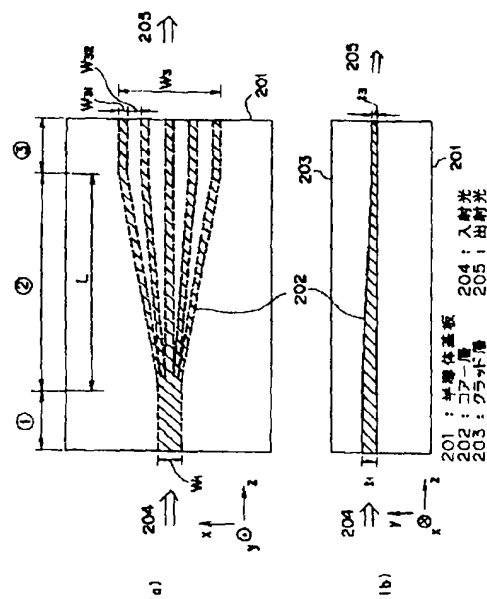
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光結合デバイス

(57) 【要約】

【目的】 異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合をとることができる、製作性の良い光結合デバイスを提供する。

【構成】 半導体基板201と、該半導体基板201上に形成され、大きさもしくは屈折率を光伝搬方向に沿って徐々に変化した光導波層202、203で少なくとも構成される光結合デバイスにおいて、光入射端もしくは光出射端付近において該光導波層202、203を複数に分岐配置することにより、低損失な光結合が実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、該半導体基板上に形成され、大きさもしくは屈折率を光伝搬方向に沿って徐々に変化した光導波層で少なくとも構成される光結合デバイスにおいて、

光入射端もしくは光出射端付近において該光導波層を複数に分岐配置したことを特徴とする光結合デバイス。

【請求項2】 複数の配置した前記光導波層の幅もしくは前記光導波層の間隔を空間的に分布させたことを特徴とする請求項1記載の光結合デバイス。

【請求項3】 光導波層の厚さを光の進行方向において一定の厚さで構成したことを特徴とする請求項1または2記載の光結合デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光機能デバイスの光導波路を伝わる光波のスポットサイズを他の光機能デバイスに低損失で変換する光結合デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザダイオード(LD)と単一モードファイバとの間を光結合させる場合、LD素子端面とファイバを直接突合せ結合(バットジョイント)させると、互いの光導波路光波スポットサイズが異なっているために、直接突合せ部の結合損失が問題になる。通常、LDの光波スポットサイズ(モード半径:W)は1μm程度であり、ファイバのスポットサイズは約5μmであるので、この結合損失は約10dBになる。そこで、レンズによってスポットサイズを変換する事によって結合損失を低減する方法が一般にとられる。

【0003】複数のレーザダイオード(LD)を形成した光機能素子とアレーファイバとの間を、1個のレンズで光結合させる場合について、従来の構成例を図5に示す。図5において、501は半導体基板、502は活性領域(光導波路部)、503はファイバ、504はファイバを一定間隔で固定するためのV-グループアレー、505はレンズである。このような構成においては、LDの集積規模が大きくなるに従って、レンズの収差等の影響により結合損失が大きくなるために、1個の半導体基板に集積できるLDの個数に制限があった。

【0004】図6に示すようなテーパ状の光導波路により光のスポットサイズを変換する光結合デバイスを、レンズの代わりとして用いる事により、LDとファイバ間を低損失に光結合させる方法がある。図6(a)は、従来の光結合デバイスの上面図、(b)は断面図、図7は動作原理を説明するための図である。すなわち、図7から分かるように、光導波路のコア層602の屈折率差 Δn $[=(n_1 - n_2) / n_1, n_1$:クラッド層601,603の屈折率、 n_2 :コア層602の屈折率]を一定の大きさに固定した場合、コア層602の厚さ t 、幅 w を0か

ら次第に大きくしていくと、導波光(基本モード光)のスポットサイズ W は、無限の大きさから次第に小さくなり、極小値をとった後、再び大きくなる関係がある。ここで、 t, w が大きくなり過ぎると多モード導波路になり、高次モード変換による損失が大きくなるために、通常、この領域の寸法は用いられない。この関係を利用して、光結合デバイスのコア層602の大きさ t, w の設計においては、光入射端側(LDとの結合側)では、LD光のスポットサイズ(約1μm)と同程度のスポットサイズ W_i を与える寸法 w_i, t_i (=数100nm~数μm)に、光出射端側では、ファイバのスポットサイズ(約5μm)と同程度の大きさスポットサイズ W_o を与える寸法 t_o, w_o (=数10~数100nm)に設定される(具体的設計例については、例えば1992年度学季全大、C-201,1991.参照)。また、コア層602の大きさがテーパ状になる領域の長さ L は、放射による損失を低減するために、~100μmから数mm以上の長さに設定される。

【0005】

20 【発明が解決しようとする課題】このような構成において、光出射端側の寸法 t_o, w_o を小さくしてスポットサイズ W_o を大きくすると、光閉じ込めの弱い状態になるので、導波路の光強度分布は指数関数形状になる。一方、光ファイバの導波光強度分布がほぼガウス分布形状になっているために、形状の不整合による結合損失が原理的に生ずる。また、低結合損失を得るための最適な t_o, w_o の許容される寸法変動量が比較的小さいために、通常の工法を用いる場合製作上の難点もある。

30 【0006】一方、 Δn の大きさを光の進行方向に沿って徐々に小さくし、それに伴って t, w を徐々に大きくする事によっても、図7から分かるように、スポットサイズを拡大できる。しかし、この場合屈折率をテーパ状に変化させ、光出射端で充分に小さく形成する事は困難であり、低損失な特性を実現できない欠点があった。本発明の目的は、異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合をとることができる、製作性の良い光結合デバイスを提供することにある。

【0007】

40 【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するため、請求項1では半導体基板と、該半導体基板上に形成され、大きさもしくは屈折率を光伝搬方向に沿って徐々に変化した光導波層で少なくとも構成される光結合デバイスにおいて、光入射端もしくは光出射端付近において該光導波層を複数に分岐配置した。また請求項2では、請求項1において、少なくとも複数の配置した前記光導波層の幅もしくは前記光導波層の間隔を空間的に分布させた。また請求項3では、請求項1もしくは2において、前記光導波層の厚さを光の進行方向において一定の厚さで構成した。

【0008】

【作用】本発明では光導波層を複数に分岐配置することにより、低損失な光結合が実現される。

【0009】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図1、図2は本発明による光結合デバイスの一実施例、図3は本発明の原理を説明するための図、図4は本発明の他の実施例である。

【0010】図1(a)(b)は、本発明による光結合デバイスの実施例を示すものであり、アレーLD素子とファイバとの間に、本発明の光結合デバイスを挿入し、低損失に光結合をとる場合の構成図である。図1(a)は上面図、(b)は断面図であり、101は本発明にかかる光結合デバイスの半導体基板、102はコア層、103はクラッド層、104は反射防止膜である。なお、105は光ファイバ、106はVグルーブアレーである。この構成では、光結合デバイスのコア層102によってLDの光波スポットサイズから次第に大きさを変換し、光射出部において適当なサイズに変換している。

【0011】図2(a)は、1個のLD素子と1本のファイバ間の光結合をとるための本発明の一実施例の上面図、(b)は中心部の断面図であり、201は例えばInP等で構成される半導体基板（屈折率 n_1 ）、202はスポットサイズ変換用導波路コア層（例えばInGaAsP、屈折率 n_2 ）、203は半導体クラッド層（例えばInP、屈折率 n_3 ）である。これらの屈折率の大きさは、 n_1 、 $n_3 < n_2$ の関係がある。204はLDからの入射光、205は単一モード光ファイバ側の拡大された出射光である。図中の領域①の光導波路部ではLDの光波スポットサイズとほぼ同じ大きさのスポットサイズを有する通常の導波路構造になっている。領域②では、コア層202が複数に分岐配置されており、ファイバと直接光結合させた場合に低損失な結合特性を得る拡大されたスポットサイズ・形状になるように、導波路の構造と寸法 w 、 t 、屈折率 n の大きさは設定される。領域③では、スポットサイズが徐々に変換されるように、実効的な導波路幅 w がテーパ状に形成されており、そのテーパの長さは L である。

【0012】以下、本発明の原理を説明する。図6(a)、(b)に示す従来のスポットサイズ変換のテーパ導波路では、スポットサイズを拡大するためにコアの大きさを極端に小さくしているために、モードフィールド形状は指数関数状になる。しかし、屈折率差 Δn を小さくすると、図7から分かるように、 w 、 t を小さくしなくともスポットサイズを大きくすることができる。この時、 Δn を小さくするに伴って w 、 t を適当な大きさにすると、光導波路の閉じ込め係数を大きくした状態に保たれるので、通常の単一モードファイバのようにモードフィールド形状はガウシアン状になる。本発明では、図2に示すように、領域③において、全導波路幅 w_3 はファイ

バのコア径と同程度の大きさにし、コア層202の幅 w_{31} とコア層間の間隔 w_{32} を適当な寸法に設定することにより、 n_2 の大きさを変えることなく、光導波路の実効的な Δn を小さくしている。このことにより、半導体基板201面 x 方向のスポットサイズを拡大しているので、ファイバとの結合損失を低減できる。

【0013】図3は、領域③の導波路構造と、本導波路-ファイバ間の x 方向モード結合効率 η_x の関係の概算値を示すものである。ここでは、光の波長は $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 、コア及びクラッド層の屈折率は $n_2 = 3.3$ 、 $n_1 = n_3 = 3.17$ 一定とし、ファイバのモード半径は $w_f = 4.5 \mu\text{m}$ であり、コア層202の分岐数は5本で $w_{31} + w_{32} = 2 \mu\text{m}$ 一定とした。本図から分かるように、コア幅 $w_{31}(dx)$ とコア厚 $t_3(=dy)$ を所定の大きさにするとファイバ結合損失を極めて小さく(0.1dB以下)でできることが分かる。なお、この時基板面と垂直方向(y 方向)のモードフィールド形状は指数関数状になっており、 y 方向での結合損失は従来例と同程度(0.2dB)の大きさになっている。従って、ファイバとの全結合損失は0.3dB以下にできる。さらに、コア寸法 w_{31} 、 w_{32} を小さくして、その分岐本数を増やし、全幅 w_3 をファイバのモードフィールド形状に合わせるように適当な大きさに設定する事により、結合損失をさらに小さくできる。これらの構造は、有限要素法等の解析により正確に設計を行う事ができる。本発明において、少なくとも領域②もしくは領域③の導波路を除去し、領域②の導波路のみで構成しても同様の特性を実現できる。

【0014】なお、本発明による光導波路を制作する場合、 n_1 、 n_2 、 n_3 の大きさは半導体材料を選ぶ事により任意に設定可能である。例えば、クラッド層にInPを用いた場合、波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 帯の光に対しては $n = 3.166$ である。また、InGaAsPの屈折率は、その組成によって、約3.2から3.5程度まで任意の大きさに設定できる。また、コア層として多重量子井戸層を用い、井戸層、障壁層の材質・厚さを選択することにより任意に屈折率を設定できる。また、例えば選択成長マスクやエピタキシャル選択成長技術、あるいはフォトリソグラフィ技術等を用いることにより、コア層202の屈折率 n_2 や導波路寸法 w 、 t の大きさを空間的にテーパ状に設定・製作することもできる。

【0015】図2において、最良の結合損失を得るための最適なコア寸法を実現するには、コア厚 t_3 は例えば結晶エピタキシャル成長技術によって精度よく製作できる。コア層幅 w_{31} は、許容変動量が比較的大きいことから、通常のフォトリソグラフィ技術によって容易に製作可能なことが分かる。また、領域①、②、③全域にわたってコア層厚 t を一定($t_1 = t_3$)にして、コア層幅 w のみを変換させた構造にすることも可能であり、この場合、製作工程が簡易になる。

【0016】図4は本発明の他の実施例の上面図であ

り、領域③のコア幅 w_{31} の大きさに分布を持たせることによって、モードフィールド形状をファイバのそれとより一致させた結合損失を低減化した場合である。また、コア間隔 w_{32} の大きさを空間的に分布を持たせることによって同様の効果を得ることができるのは自明である。

【0017】領域②のテーパ部の構成としては、図2のようにテーパ形状を直線状にしてもよく、あるいは指数関数状、放物線状等の曲線形状にすることによって1が同じ長さの場合放射損失を比較的小さくできる。また、コア層の分岐法として、図2のような枝分かれ状、あるいは図4のような結合分岐構成にしてもよい。

【0018】以上では領域③の全導波路幅 w_3 を例えばファイバのコア径と同程度大きさ（通常 $w_1 < w_3$ ）にする場合について説明したが、この w_3 の大きさを領域①の導波路幅 w_1 と同程度として、 w_{31} 、 w_{32} を適当な大きさに設定することにより、この領域のスポットサイズを拡大できる。ただし、この場合、モードフィールド形状は指数関数状になるが、従来例と同様に低損失なファイバ光結合が実現できることは自明である。

【0019】以上では、InP基板上にスポットサイズ変換用導波路を構成する場合について説明したが、他の半導体材料、例えばGaAs系、あるいはSiO₂等のガラス系材料の光導波路に対しても同様の効果を得ることができるのは自明である。また、以上では光導波路のクラッド部になる基板材料とクラッド層の材質を同じにして、単層のコア層で構成した場合について説明したが、これらクラッドに異なった材料を組み合わせたもの、あるいは複数のコア層で構成したものについても本発明と同様の原理を利用できる。以上では、光ファイバを接続する場合について説明したが、この他に、他の半導体光導波路部品、あるいはガラス導波路部品などあらゆる光導波路部品との接続部に対しても、それら導波路の光強度分布に合わせるように本発明による光結合デバイス導

波路の構造を適当に設定すれば、低結合損失の特性を実現できることは自明である。

【0020】本光結合デバイスは半導体材料より構成されるので、例えば、半導体レーザやLEDアンプ、光スイッチ等の光機能素子の光入射端部に、本結合デバイスを同一基板上にモノリシック集積化した光デバイスを実現することも可能である。この場合、半導体基板上に、光機能素子導波路を形成する時に、本光結合用導波路を同時に形成する。あるいは光機能素子部を形成した後、互いの導波路を直接突合させるように光結合用テーパ導波路を形成しても良い。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、光導波路のコア部になる半導体層の大きさ、もしくは屈折率をテーパ状に形成し、他の光機能素子と接続する端面付近において、コア半導体層を複数に分岐配置することによって、低損失な光結合を実現可能としている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光結合デバイスの1構成例を示す上面図及び断面図

【図2】本発明による光結合デバイスの1構成例を示す上面図及び断面図

【図3】本発明の動作原理を示すもので、導波路の構造とファイバ結合損失との関係を示した図

【図4】本発明による光結合デバイスの他の構成例を示す図

【図5】従来の光結合方法を示した図

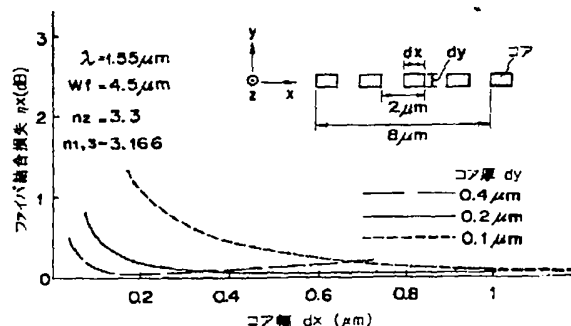
【図6】従来の光結合デバイスの構造を示した図

【図7】図6の光結合デバイスの動作原理の説明図

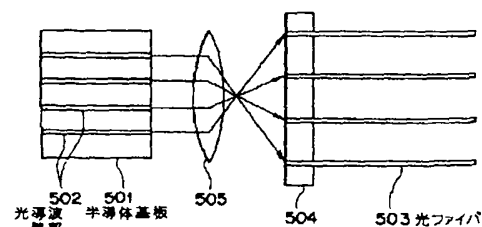
【符号の説明】

101, 201, 401 …半導体基板、102, 202, 402 …コア層、103, 203, 403 …クラッド層、204, 404 …入射波、205, 405 …出射光。

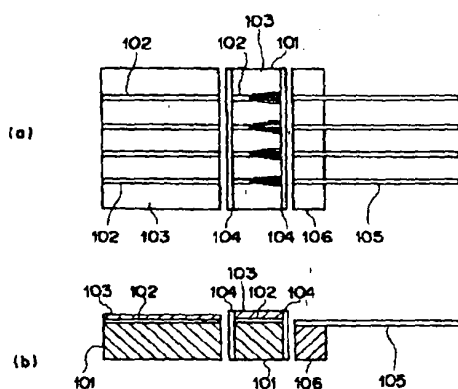
【図3】



【図5】

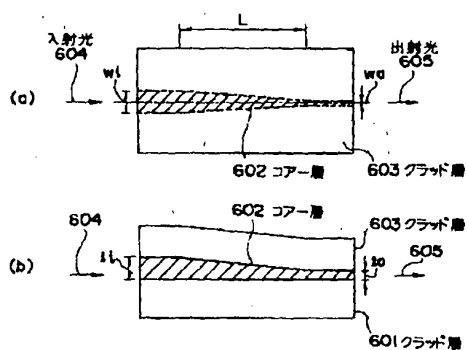


【図1】

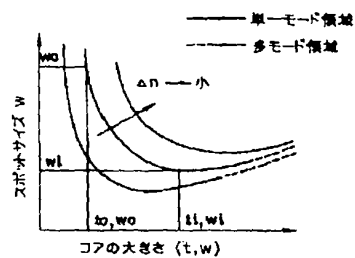


101 : 半導体基板
102 : コア層
103 : クラッド層
104 : 反射防止膜

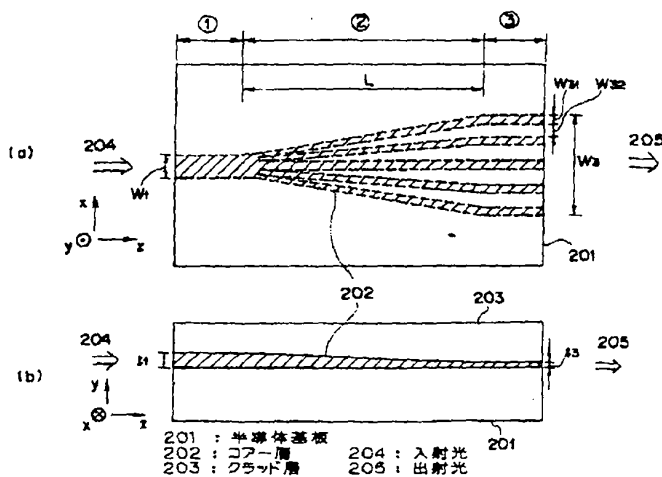
【図6】



【図7】



【図2】



201 : 半導体基板
202 : コア層
203 : クラッド層
204 : 入射光
205 : 出射光

特開平 6-194536

404 ⇒ W₁ W₃ ⇒ 405

401 : 半導体基板
 402 : コア層
 403 : クラッド層
 404 : 入射光
 405 : 出射光

(72)発明者 池田 正宏
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内